

ESTUDO PETROGRÁFICO DAS ARGAMASSAS DE REPARAÇÃO DE TRÊS VIADUTOS DO PORTO DE LEIXÕES

Madalena Teles^{*}
mteles@fe.up.pt

Andreia Mota Miranda[†]
andreiamotamiranda@gmail.com

Resumo

O objectivo do presente trabalho é o de estudar e comparar as argamassas usadas nas reparações dos betões de três viadutos localizados no porto de Leixões, a diferentes distâncias do mar: o viaduto da Via Rápida, os viadutos de acesso à Ponte Móvel e o viaduto do Terminal de Petroleiros, construídos mais ou menos na mesma época, com opções de concepção similares e materiais, em geral, do mesmo tipo e com a mesma origem.

Dada a inexistência de qualquer informação relativamente à composição e propriedades dos tratamentos utilizados, fez-se um estudo petrográfico que permitiu a sua observação e análise, avaliando-se posteriormente a sua eficácia através da determinação da profundidade de carbonatação e dos teores em cloretos nos betões revestidos pelas diferentes argamassas assim como da análise dos produtos de neo-formação, quer nos revestimentos, quer no betão.

Palavras-chave: Argamassas de reparação, Betão, Deterioração, Petrografia.

1 Introdução

Os três viadutos em estudo localizam-se no porto de Leixões, a maior infra-estrutura portuária do Norte de Portugal, a cerca de 2,5 milhas a Norte da foz do rio Douro, entre Leça da Palmeira e Matosinhos. Na Figura 1 apresenta-se uma fotografia aérea do porto de Leixões com a localização dos viadutos.

Os três viadutos foram sujeitos, ao longo dos anos, a algumas reparações e alterações. Indicam-se no Quadro 1 a data de construção de cada um dos viadutos e a da colocação dos tratamentos analisados [1].

^{*} Professora Associada da FEUP. Departamento de Engenharia Civil. Secção de Materiais de Construção.

[†] Mestre em Engenharia Civil pela FEUP. Departamento de Subempreitadas, Novopca – Construtores Associados, S.A.



TP – Viaduto do Terminal de Petroleiros;
PM – Viadutos de acesso à Ponte Móvel; VR – Viaduto da Via Rápida

Figura 1: Fotografia aérea do porto de Leixões [1]. Localização dos viadutos.

Quadro 1: Data da construção e da reparação analisada.

Viadutos	Construção	Colocação do tratamento
Via Rápida	1956 - 1961	1999 - 2001
Ponte Móvel	1957 - 1960	1991 - 1993
Terminal de Petroleiros	1966 - 1969	1995 - 1998

Dada a inexistência de qualquer informação relativamente à composição e propriedades dos tratamentos utilizados, fez-se um estudo petrográfico que permitiu a determinação da sua composição e produtos de neo-formação, quer nas argamassas quer nos betões, e a análise da sua eficácia.

2 Amostragem e metodologia

Extraíram-se dos três viadutos tarolos de betão, com argamassa de revestimento (Figura 2), e, de cada tarolo, prepararam-se amostras para determinar a profundidade de carbonatação e o teor em cloretos para uma profundidade de 5mm. Prepararam-se ainda amostras para observar e analisar, por microscopia electrónica de varrimento (MEV), a zona superficial da argamassa, a zona da argamassa em contacto com o betão, e o betão a diferentes profundidades.

Estas observações foram realizadas no Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP), recorrendo-se a um microscópio, modelo Jeol JSM-6301F, equipado com microanálise por raios-X (Oxford Inca Energy 350). As amostras foram revestidas a ouro e observadas e analisadas por electrões secundários a 10 e 15 keV e por períodos de tempo útil de 60 segundos.

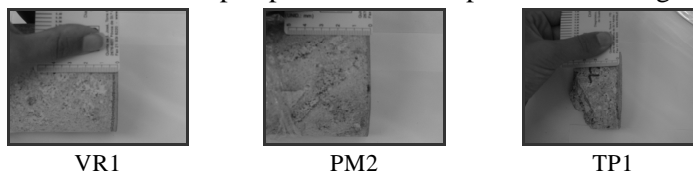


Figura 2: Revestimentos do betão nos três viadutos.

3 Ensaios realizados

Para o betão revestido pelas argamassas de reparação, determinaram-se a profundidade de carbonatação, recorrendo ao uso de uma solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, e o teor de cloretos [1] para uma profundidade de 5 mm. No Quadro 2 apresentam-se os resultados destes ensaios.

Quadro 2: Profundidade de carbonatação e teor de cloretos.

Viaduto	Localização	Profundidade de carbonatação (mm)	Teor de cloretos na massa de cimento (%)
Via Rápida	Pilar	0	0,08
Ponte Móvel	Parede-pilar	5	0,16
Terminal de Petroleiros	Viga transversal 1	0	0,18
	Viga transversal 2	0	0,24

4 Estudos petrográficos - observação e análise

Apresentam-se no Quadro 3 os principais compostos identificados nas amostras das argamassas observadas por (MEV), excluindo os agregados.

Todos os revestimentos, das diferentes obras, analisados são argamassas cimentícias, ricas em sílica, alumina e cal, tendo-se identificado silicatos e aluminatos de cálcio (Figura 3).

Os tratamentos, quando observados à superfície, apresentaram diferentes aspectos, sendo todos mais ou menos porosos, uns com poros largos e mais espaçados (Via Rápida) e outros com poros finos mais juntos (Ponte Móvel). O tratamento das vigas transversais do viaduto do Terminal de Petroleiros não era tão poroso, mas muito fragmentado e o das vigas longitudinais era muito poroso, com poros grandes, e fragmentado (Figura 4).

Todos os revestimentos analisados estão cobertos por uma pintura superficial rica em titânio, identificando-se em alguns casos partículas de bário. Estes dois elementos estão normalmente associados a pinturas e apenas foram identificados em zonas muito superficiais, pelo que se concluiu que todas as argamassas de reparação apresentam uma pintura. Na composição do tratamento dos viadutos de acesso à Ponte Móvel, foi também identificado cloro, sem no entanto se conseguir isolar qualquer composto de cloro (Figura 4).

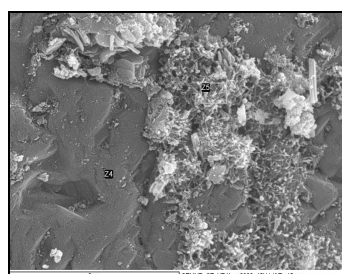
Em relação aos produtos de neo-formação, destacam-se, nas argamassas, a etringite na Via Rápida, o cloreto de potássio, na argamassa de revestimento da parede-pilar da Ponte Móvel e carbonato de cálcio, cloreto de sódio, gesso e óxidos de ferro no revestimento de longarinas, muito fissuradas, do terminal de Petroleiros (Figura 5).

Quadro 3: Compostos identificados no estudo petrográfico das argamassas.

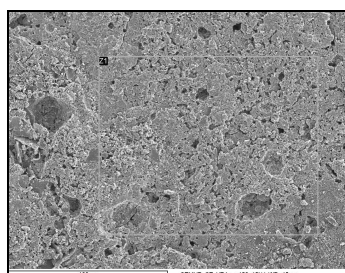
Amostra	Localização	Principais compostos identificados
VR1 e VR3	Pilar	Silicatos e aluminatos de cálcio Ti (superficial) Etringite
PM1 e PM2	Parede-pilar	Silicatos e aluminatos de cálcio Óxido de Titânio Cl (à superfície) Cloreto de potássio (junto do betão)
PM4	Longarina	Silicatos e aluminatos de cálcio Ti, Cl
TP1	Viga transversal	Silicatos e aluminatos de cálcio Ti, C
TP2	Viga transversal	Silicatos e aluminatos de cálcio Ti, C Sulfato de bário (muito raro)
TP5	Longarina muito fissurada	Silicatos e aluminatos de cálcio Ti Carbonato de cálcio (muito) Cloreto de sódio (com algumas figuras de dissolução) Gesso (com algumas figuras de dissolução) Óxido de ferro
TP6	Longarina muito fissurada	Silicatos e aluminatos de cálcio Ti, Ba



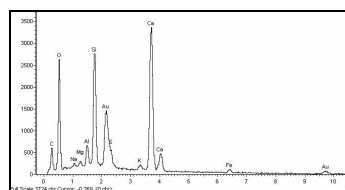
Aluminatos de cálcio



Z4 – Quartzo; Z5 – Silicatos de cálcio



Zona interior do revestimento



Espectro da zona interior do revestimento

Figura 3: Imagens e espectro de uma argamassa cimentícia (Viaduto da Via Rápida).

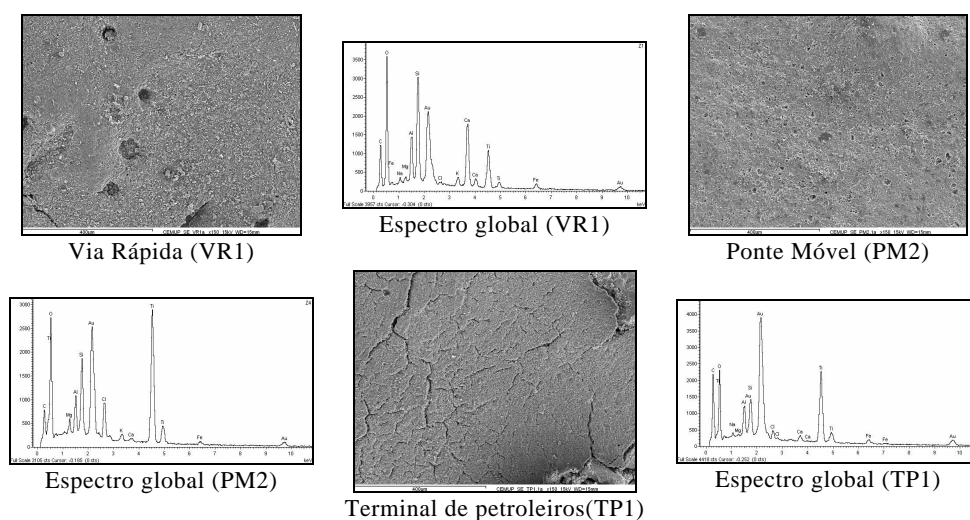


Figura 4: Zona superficial dos revestimentos. Imagens e espectros globais.

Nos betões foi identificado carbonato de cálcio, em pequenas quantidades, no pilar da Via Rápida e, em grandes quantidades, na parede-pilar e nas longarinas da Ponte Móvel e nas do Terminal de Petroleiros, estas últimas muito fissuradas. Foi ainda identificado o cloreto de potássio na parede pilar da Ponte Móvel. No betão extraído junto às fissuras das longarinas do Terminal de Petroleiros identificaram-se também a brucite, o cloreto de sódio, a dolomite e a etringite (Figura 5).

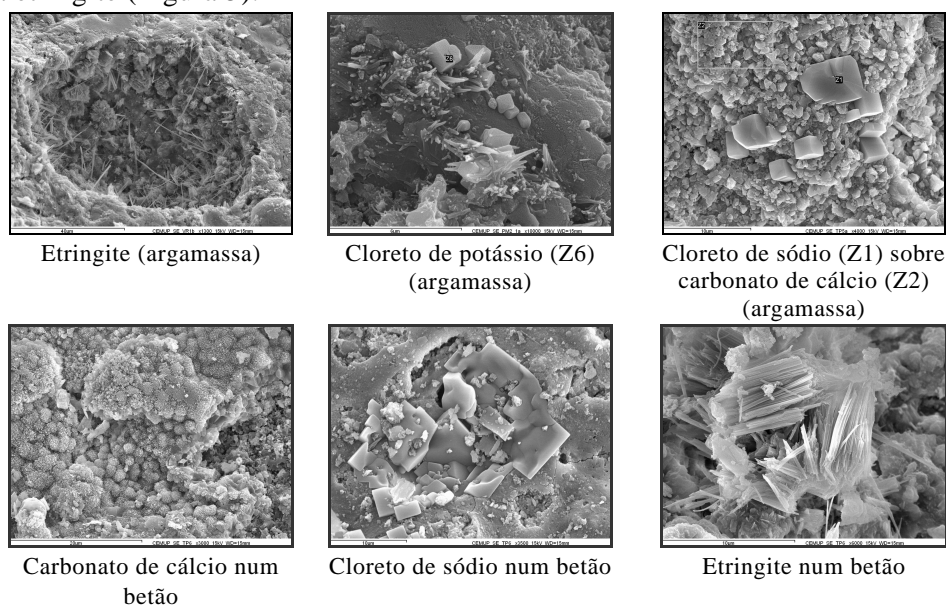


Figura 5: Compostos de neo-formação em argamassas e betões.

Apenas os tratamentos do viaduto da Via Rápida e das vigas transversais do viaduto do Terminal de Petroleiros se revelaram eficazes em relação à car-

bonatação. No entanto, em relação às reacções químicas só o tratamento das vigas transversais do Terminal de Petroleiros foi convincente, uma vez apesar de sujeito ao ambiente mais agressivo não desenvolveu qualquer reacção química. O tratamento da Via Rápida, provavelmente devido à sua porosidade, permitiu o desenvolvimento de uma reacção sulfática, com formação de etringite, com mais intensidade no interior dos poros, e que ainda não contaminou o betão. O tratamento do viaduto da Ponte Móvel permitiu uma contaminação por cloreto de potássio na argamassa e no betão junto à argamassa. A identificação do carbonato de cálcio no betão dos viadutos está de acordo com os ensaios de carbonatação.

Em relação ao tratamento das vigas longitudinais do viaduto do Terminal de Petroleiros não é possível fazer qualquer comentário à sua eficácia, uma vez que estas vigas estão muito fissuradas, facilitando a penetração de agentes agressivos o que está bem patente nos produtos de neo-formação observados no betão.

Não se analisa a eficácia das argamassas face à penetração de cloretos, uma vez que os teores em cloretos a 5mm de profundidade no betão são, em qualquer das obras, insignificantes.

5 Conclusões

As análises químicas semi-quantitativas em conjugação com técnicas de observação e análise adequadas permitiram obter informação sobre a composição dos diferentes tratamentos, assim como dos produtos de neo-formação, revelando-se com muito interesse na análise das argamassas de reparação.

O controlo da composição das argamassas de reparação é fundamental, uma vez que, nos viadutos da Ponte Móvel, a argamassa de revestimento era rica em cloro, elemento claramente agressivo para a corrosão do betão armado e pré-esforçado. É evidente que ensaios de envelhecimento acelerado destes tratamentos, para avaliar a sua eficácia, também devem ser feitos.

No entanto, a argamassa de restauro aplicada na obra de reabilitação de 1995 do viaduto do Terminal de Petroleiros mostrou-se eficaz no que diz respeito à penetração de agentes agressivos em zonas de vigas de betão que actualmente não mostram avarias, o que evidencia que a penetração da carbonatação ou de cloretos, que estão na origem da corrosão generalizada desta obra, se faz preferencialmente pelas fissuras resultantes de um problema estrutural.

6 Bibliografia

- [1] Mota-Miranda, A. *Influência da proximidade do mar em estruturas de betão*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.